

PUBLICATION NUMBER : 10090535
PUBLICATION DATE : 10-04-98

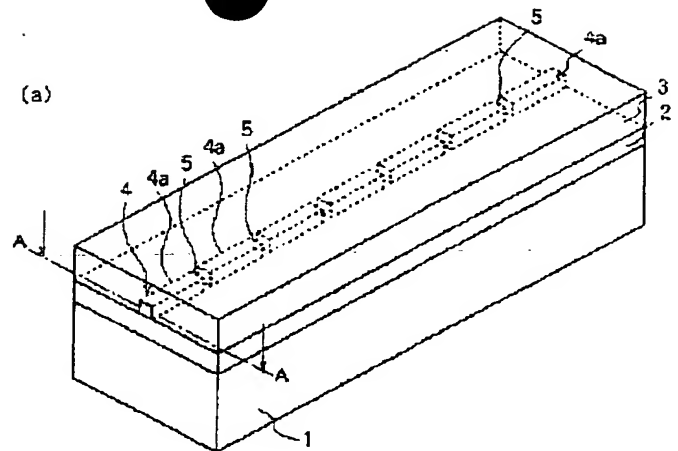
APPLICATION DATE : 12-09-96
APPLICATION NUMBER : 08242072

APPLICANT : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD;

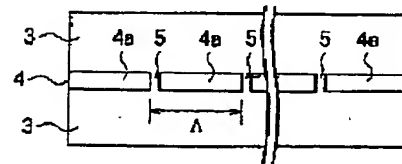
INVENTOR : KANAMORI HIROO;

INT.CL. : G02B 6/122

TITLE : PLANE WAVEGUIDE



(b)



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical waveguide which exhibits the function similar to the function of an optical fiber having long-period gratings and may be produced with good reproducibility by incorporating parts having periodically changing parts in the shape into at least one of cores.

SOLUTION: This plane waveguide comprises a lower clad layer 2, upper clad layer 3 and cores 4 disposed on a silicon substrate 1. The cores 4 have a shape obtd. by periodically providing a columnar body of a square section extending from the one end to the other end of the optical fiber cable 1 with plural cut grooves 5 along the axial line of this columnar body. All of these cut grooves 5 extend to extend nearly orthogonally with the axial line (optical axis) of the cores 4 to part the cores 4 to the plural parts 4a. Quartz glass constituting the upper clad layer 3 is packed in the cut grooves 5. The plane optical waveguide is provided with the cores 4 having such shape, by which the function to radiate light of a prescribed wavelength selectively from the cores 4 like the optical fiber having the long-period gratings is exhibited.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-90535

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/122

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-242072

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月12日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 重松 昌行

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 岩島 徹

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 金森 弘雄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

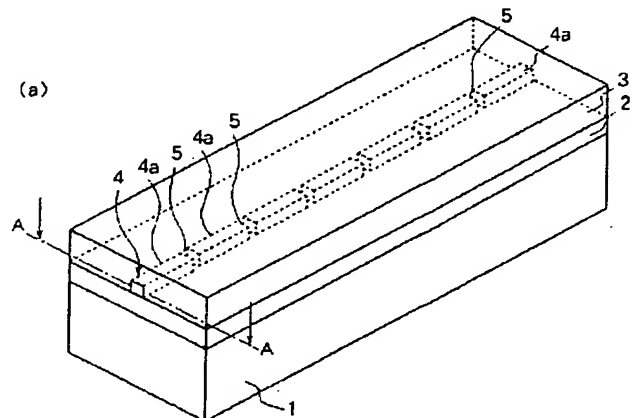
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

(54) 【発明の名称】 平面導波路

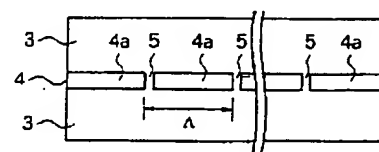
(57) 【要約】

【課題】 長周期グレーティングを備える光ファイバと同様の機能を発揮し、かつ、再現性良く製造することが可能な光部品を提供する。

【解決手段】 本発明の平面導波路は、形状が周期的に変化する部分を含むコア4を備えている。コアの形状が周期的に変化していると、これに応じてこの平面導波路を伝搬する光のモードフィールドの形状も周期的に変化するようになり、その周期に応じた波長の光がコアから選択的に放射されるようになるので、本発明の平面導波路は、長周期グレーティングを備える従来の光ファイバと同様の機能を発揮する。



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一又は二以上のコアを備え、前記コアの少なくとも一つは、形状が周期的に変化する部分を含んでいることを特徴とする平面導波路。

【請求項2】 前記コアの前記部分は、前記コアの光軸に沿って複数の分断部が周期的に設けられた形状を有していることを特徴とする請求項1記載の平面導波路。

【請求項3】 前記部分を含む前記コアは柱状であり、前記部分は、前記コアの光軸に沿って幅又は厚さが周期的に変化している部分であることを特徴とする請求項1記載の平面導波路。

【請求項4】 前記部分を含む第1のコアと、この第1コアに近接する第2のコアとを備え、前記第1コアから所定波長の光が放射され、この光が前記第2のコアに入射して前記第2コアを伝搬するようになっていることを特徴とする請求項1記載の平面導波路。

【請求項5】 第1及び第2のコアを備え、前記第1及び第2コア間の間隔が周期的に変化していることを特徴とする平面導波路。

【請求項6】 前記コアに希土類元素が添加されていることを特徴とする請求項1～5のいずれか記載の平面導波路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、所定波長の光を選択的にコアから放射する機能を持った平面導波路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】所定波長のコアモードを選択的にクラッドモードに変換させて外部に放射する機能を持った光導波路としては、ファイバグレーティングの一種である長周期グレーティングを備えた光ファイバが従来から知られており、光ファイバ増幅器で生じるノイズ光を除去する用途に使用することなどが検討されている。ファイバグレーティングは、光ファイバの軸に沿ってコア内に形成された周期的な屈折率変調領域であり、これには比較的短周期のブラッググレーティングと、これよりも長周期（通常は、約50～1500 μm ）のグレーティングとが含まれる。このうち、長周期グレーティングは、光ファイバを伝送するコアモードとクラッドモードとの間の結合を誘起するグレーティングであり、グレーティングの周期（ピッチ）がコアモードとクラッドモードとの光路差が 2π となるように設定されていて、コアモードからクラッドモードへの強いパワー変換をもたらすようになっている。この結果、長周期グレーティングは、コアモードをクラッドに放射させる作用を有することになり、コアモードの強度を所定波長（以下、「放射波長」と呼ぶ。）を中心とした狭い帯域にわたって減衰させる。従って、長周期グレーティングを備えた光ファイバは、所定波長の光を選択的にコアから放射する機能を発

揮することになる。

【0003】長周期グレーティングは、通常、感光性のコアを有する光ファイバに軸方向に沿って光を照射することにより周期的な光誘起屈折率変化を生じさせることで形成することができる。よく行われているのは、感光性ファイバとしてコアに感光材であるゲルマニウムが添加された石英ガラス系の光ファイバを用意し、248nm又は193nm付近の波長の紫外光を用いて、形成すべきグレーティングの周期に対応した周期を有する干渉縞を形成し、この干渉縞を光ファイバに照射する方法である。コアのうち紫外光が照射された部位の屈折率は紫外光の強度に応じた量だけ上昇するので、干渉縞の光強度分布に応じた屈折率変調領域、すなわちグレーティングがコアに形成されることになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような光照射によって所望の長周期グレーティングを形成するのは、干渉縞形成用の光学系を精密に調整する必要があるため、長周期グレーティングを備える光ファイバを再現性良く製造することは必ずしも容易ではない。

【0005】本発明は、上記に鑑みなされたもので、長周期グレーティングを備える光ファイバと同様の機能を発揮し、かつ、再現性良く製造することが可能な光導波路を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載されるように、本発明の第1の態様は、一又は二以上のコアを備え、このコアの少なくとも一つが、形状が周期的に変化する部分を含んでいることを特徴とする平面導波路である。本発明のようにコアの形状が周期的に変化していると、これに応じてこの平面導波路を伝搬する光のモードフィールドの形状も周期的に変化するようになる。モードフィールドの形状が周期的に変化していると、その周期に応じた波長の光がコアから選択的に放射されるようになるので、上記態様の平面導波路は、長周期グレーティングを備える従来の光ファイバと同様の機能を発揮する。また、平面導波路のコアは、フォトリソグラフィ技術等の周知の製造技術を用いて精度良く所望の形状に成形することができるので、上記態様の平面導波路は再現性良く製造することが可能である。

【0007】請求項2に記載されるように、第1の態様の平面導波路は、コアの前記部分が、コアの光軸に沿って複数の分断部が周期的に設けられた形状を有するものであっても良い。この平面導波路では、周期的に設けられた分断部によりコアの形状が周期的に変化するようになっており、この結果、このコアから所定波長の光が選択的に放射されるようになっている。

【0008】また、請求項3に記載されるように、第1の態様の平面導波路は、前記部分を含むコアが柱状であり、前記部分が、コアの光軸に沿って幅又は厚さが周期

的に変化している部分であっても良い。この平面導波路では、幅又は厚さが周期的に変化することによりコアの形状が周期的に変化しており、これによって、このコアから所定波長の光が選択的に放射されるようになっている。

【0009】請求項4に記載されるように、第1の態様の平面導波路は、前記部分を含む第1のコアと、この第1コアに近接する第2のコアとを備え、第1コアから所定波長の光が放射され、この光が第2のコアに入射して第2コアを伝搬するようになっているても良い。この平面導波路では、第1コアから放射された光を第2コアから取り出して利用することができるという利点を有している。

【0010】次に、請求項5に記載されるように、本発明の第2の態様は、第1及び第2のコアを備え、第1及び第2コア間の間隔が周期的に変化していることを特徴とする平面導波路である。コア間の間隔が周期的に変化していると、この平面導波路を伝搬する光のモードフィールドの形状も周期的に変化するようになるので、その周期に応じた波長の光がコアから選択的に放射されるようになる。従って、本態様の平面導波路も、長周期グレーティングを備える従来の光ファイバと同様の機能を発揮する。また、第1及び第2コア間の間隔は、フォトリソグラフィ技術等の周知の製造技術を用いて精度良く制御することができるので、本態様の平面導波路も再現性良く製造することが可能である。

【0011】次に、請求項6に記載されるように、本発明に係る平面導波路のコアには、希土類元素が添加されていても良い。この場合、本発明に係る平面導波路は、ノイズ光を除去しながら光増幅を行うことが可能になる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は説明のものと必ずしも一致していない。

【0013】(実施形態1) 図1は、本実施形態の平面導波路の構造を示す図であり、このうち図1(a)は、本実施形態の平面導波路の斜視図であり、図1(b)は、図1(a)のA-A線に沿った断面図である。本実施形態の平面導波路は、シリコン基板1上に設けられた下部クラッド層2、上部クラッド層3及びコア4から構成されている。下部クラッド層2、上部クラッド層3及びコア4はいずれも石英を主成分とするガラスから構成されているが、コア4にのみ屈折率上昇材であるゲルマニウムが添加されており、これによって、コア4の屈折率は下部及び上部クラッド層2、3の屈折率よりも高くなっている。これらの下部及び上部クラッド層2、3は、一体となってコア4を密着包囲している。

【0014】本実施形態の平面導波路の特徴は、コア4の形状である。図1(a)及び(b)に示されるように、本実施形態のコア4は、基板1の一端から他端に延びる正方形断面の柱状体に、この柱状体の軸線に沿って複数の切り溝5が周期的に設けられた形状を有している。これらの切り溝5は、いずれもコア4の軸線(光軸)にはほぼ直交するように延びており、コア4を複数の部分コア4aに分断している。以下では、この切り溝5を分断部と呼ぶことにする。分断部5には、上部クラッド層3を構成する石英系ガラスが充填されている。光軸に沿った方向の分断部5の縦幅、すなわち隣接する部分コア4aの対向する端面間の間隔は均一であり、分断部5同士の間隔、すなわち分断部5の配列ピッチ(周期) Λ も一定となっている。なお、分断部5の周期 Λ は、50~1500 μm とするのが良い。

【0015】次に、本実施形態の平面導波路の製造方法を説明する。まず、火炎バーナにSiCl₄等の原料ガスを供給しながらバーナの火炎をシリコン基板1の上面に吹き付けて下部クラッド層2となるべき多孔質のガラス微粒子層をシリコン基板1上に一面に形成する。続いて、火炎バーナにSiCl₄及びGeCl₄を含む原料ガスを供給しながらバーナの火炎を上記のガラス微粒子層の上面に吹き付け、コア4となるべき多孔質のガラス微粒子層を上記ガラス微粒子層の上に一面に形成する。次いで、これら二つのガラス微粒子層を焼結してから徐冷して透明ガラス化する。これにより、透明な下部クラッド層2と、この下部クラッド層2の上に積層されたコア4となるべき透明な石英ガラス層が形成される。次に、周知のフォトリソグラフィ技術を用いて、この石英ガラス層のうち部分コア4aの上面に対応する位置にのみレジストマスク層を設け、分断部5が形成されるべき部位の表面を露出させてから、反応性イオンエッチング加工を施すことによりコア4を形成する。この後、火炎バーナにSiCl₄等の原料ガスを供給しながらバーナの火炎を下部クラッド層2及びコア4の上面に吹き付けて上部クラッド層3となるべき多孔質のガラス微粒子層を堆積させ、続いて、このガラス微粒子層を焼結、徐冷して透明ガラス化する。これにより、上部クラッド層3が設けられ、本実施形態の平面導波路が完成する。

【0016】上述のように、本実施形態の平面導波路のコア4には光軸に沿って周期的に分断部5が設けられているので、本実施形態の平面導波路を伝搬する光は、そのモードフィールドの形状が周期的に変化するようになる。これにより、コア4内を伝搬する所定波長のコアモードが、コアモードと同方向に進行するクラッドモードに結合されるようになり、結果としてコア4内を伝搬する所定波長の光がコア4から下部及び上部クラッド層2、3に放射されるようになる。コア4から放射される光の波長は、次の式に基づいて定まる。

【0017】

$\beta_{\text{コア}}^{(1m)} - \beta_{\text{クラッド}}^{(n)} = 2\pi/\Lambda \quad \dots (1)$
 ここで、 l 、 m はコアモードの次数（基本モードLP₀₁なら $l=0$ 、 $m=1$ ）であり、 $\beta_{\text{コア}}^{(1m)}$ は次数 (l, m) で規定されるコアモードの伝搬定数であり、 $\beta_{\text{クラッド}}^{(n)}$ は n 次のクラッドモードの伝搬定数であり、 Λ は分断部5の周期である。なお、伝搬定数 $\beta_{\text{コア}}$ は、コアモードの波長に依存している。本実施形態の平面導波路では、上記の(1)式を満足するような波長のコアモードが、コア4から放射されることになる。

【0018】このように、本実施形態の平面導波路は、上述のような形状のコア4を備えることにより、長周期グレーティングを備える従来の光ファイバと同様に、所定波長の光を選択的にコアから放射するという機能を発揮する。そして、かかる形状のコア4は周知の製造技術を用いて精密に形成することができるので、本実施形態の平面導波路は、再現性良く製造することが可能である。

【0019】なお、本実施形態の平面導波路は、コア4にEr等の希土類元素が添加されていると好適である。この場合、本実施形態の平面導波路は、周知の光ファイバ増幅器(Er添加光ファイバ等)と同様に、励起光を入射させて反転分布を形成してから、添加された希土類元素に応じた所定波長の光を入射させると、誘導放出を引き起こして光を増幅するという光増幅器としての機能をも発揮する。このとき、励起光パワーと希土類イオンとの相互作用によってノイズである増幅自然放射(Amplified Spontaneous Emission: ASE)が発生するが、コア4の放射波長がこのASEの波長に一致するように分断部5の周期を設定しておけば、ASEをコア4から放射して除去することができる。このように、本実施形態の平面導波路のうちコア4に希土類元素が添加されたものは、ノイズ光を除去しながら光増幅を行うことができるという利点がある。

【0020】(実施形態2)図2は、本実施形態の平面導波路の構造を示す図であり、このうち図2(a)は、本実施形態の平面導波路の斜視図であり、図2(b)は、図2(a)のB-B線に沿った断面図である。本実施形態の平面導波路は、コアの形状が実施形態1と異なっている。すなわち、図2(b)に最も良く示されるように、本実施形態の平面導波路が有するコア6は、その平面形状が光軸に沿って周期的に変化している領域を含んでおり、この領域では、コア6の両側面は下部クラッド層2の上面と略直交する波形の曲面であり、コア6の幅は光軸に沿って周期的に変動している。なお、コア6の幅の変動周期 Λ は、50～1500 μm とするのが良い。また、コア6の平面形状は、コア6の軸線(光軸)に対して線対称となっている。また、コア6の両端部は正方形断面の柱状体であり、他の導波路(光ファイバ等)との接続を容易に行えるようになっている。

【0021】本実施形態の平面導波路は、実施形態1の

平面導波路とほぼ同様に製造することができる。製造工程の中で実施形態1と異なるのは、コアとなるべき透明ガラス層の上に設けるレジストマスク層の平面形状であり、具体的には、コア6の上面に相当する領域にコア6と同一の平面形状を有するレジストマスク層を積層してからエッチング加工を施すことでコア6を形成することができる。

【0022】本実施形態の平面導波路は、上記のような周期的に幅が変動する平面形状のコア6を有しているため、実施形態1の場合と同様にコアモードのモードフィールドの形状が周期的に変化している。これにより、コア6を伝搬する所定波長のコアモードが、コアモードと同方向に進行するクラッドモードに結合され、コア6から放射されるようになる。なお、コア6から放射される光の波長は、実施形態1で述べた(1)式に基づき、コア6の横幅の変動周期 Λ に応じて定まる。

【0023】このように、本実施形態の平面導波路も、所定波長の光を選択的にコアから放射するという機能を発揮する。そして、実施形態1と同様に、かかる形状のコアは周知の製造技術を用いて精密に形成することができるので、本実施形態の平面導波路も再現性良く製造することが可能である。

【0024】なお、実施形態1と同様に、本実施形態の平面導波路も、コア6にEr等の希土類元素が添加されているとノイズ光を除去しながら光増幅を行うことができるようになり、好適である。

【0025】(実施形態3)図3は、本実施形態の平面導波路の構造を示す図である。これは、図1(b)や図2(b)と同様に、基板表面と平行な平面に沿った断面図である。図3に示されるように、本実施形態の平面導波路は、実施形態2の平面導波路においてコア6と並列して直線的に延びる正方形断面のコア7を更に設けたものである。これらのコアは、上記実施形態と同様に、基板1上に設けられた下部及び上部クラッド層2、3中に埋設されている。

【0026】これらのコア6及び7は、コアとなるべき透明ガラス層の上面にコア6及び7の平面形状に対応したレジストマスク層を設けてからエッチング加工を施すことにより製造することができる。このように、これらのコアは周知の製造技術を用いて精密に形成することができるので、本実施形態の平面導波路も上記の実施形態の場合と同様に再現性良く製造することが可能である。

【0027】本実施形態の平面導波路によれば、コア6を伝搬するコアモードはクラッドモードに結合されてコア6から放射された後、コア7に入射してコア7を伝搬する。従って、本実施形態の平面導波路は、コア6から所定波長の光を放射するだけでなく、この放射光をコア7から取り出して利用することが可能であるという利点を有している。

【0028】(実施形態4)図4は、図3と同様に、本

実施形態の平面導波路の構造を示す断面図である。本実施形態の平面導波路は、正方形断面の直線状コア8と、このコア8に並列して延びるコア9とを備えている。コア9の両端部を除く大部分は、形状が周期的に変動している。即ち、コア9の中間部分では、コア9の両側面は、実施形態3のコア6（図3）と同様に周期 Λ で振動する波形の曲面となっている。実施形態3のコア6と異なり、本実施形態のコア9は、コア幅が一定となっている。また、コア9の両端部は、正方形断面の直線状柱体となっている。これらのコア8、9は、上記実施形態と同様に、基板1上に設けられた下部及び上部クラッド層2、3中に埋設されている。

【0029】本実施形態の平面導波路は、コア9の平面形状が周期的に変化しており、この結果、コア8及び9間の間隔がコア8の光軸に沿って周期的に変化している。コア8及び9間の間隔の変化の周期は、コア9の形状変化の周期 Λ と同じである。このように隣接する二つのコア間の間隔が周期的に変化する場合でも、一方のコアを伝搬するコアモードのモードフィールドの形状が周期変化する。従って、本実施形態の場合も、コア8を伝搬する所定波長のコアモードがクラッドモードに結合され、コア8から選択的に放射されるようになる。なお、放射波長は、上記（1）式に基づいて定まる。

【0030】以上のように、本実施形態の平面導波路も、長周期グレーティングを備える従来の光ファイバと同様の機能を発揮することが可能である。さらに、コア8から放射された光は隣接するコア9を伝搬できるので、本実施形態の平面導波路も、実施形態3と同様に、コア8から放射させた光をコア9から取り出して利用することが可能であるという利点を有している。

【0031】また、コア8及び9は、上記実施形態と同様に、コアとなるべき透明ガラス層の上面にこれらのコ

アの平面形状に対応したレジストマスク層を設けてからエッチング加工を施すことにより製造でき、周知のフォトリソグラフィ技術等を用いて精密に形成することができる。従って、コア8及び9間の間隔も精密に制御することができ、本実施形態の平面導波路も上記の実施形態の場合と同様に再現性良く製造することが可能である。

【0032】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明に係る平面導波路は、コアの形状や二つのコア間の間隔が周期的に変化しているので、所定波長の光をコアから選択的に放射するという、長周期グレーティングを備える光ファイバと同様の機能を発揮することができる。周知の製造技術を用いればコアの形状やコア間の間隔を精度良く制御することができるので、本発明に係る平面導波路は、再現性良く製造することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1（a）は、実施形態1の平面導波路の構造を示す斜視図であり、図1（b）は、図1（a）のA-A線に沿った断面図である。

【図2】図2（a）は、実施形態1の平面導波路の構造を示す斜視図であり、図2（b）は、図2（a）のB-B線に沿った断面図である。

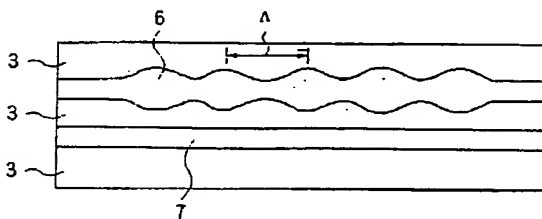
【図3】実施形態3の平面導波路の構造を示す断面図である。

【図4】実施形態4の平面導波路の構造を示す断面図である。

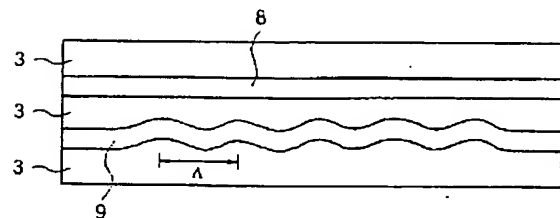
【符号の説明】

1…基板、2…下部クラッド層、3…上部クラッド層、4…コア、5…分断部、6…幅が周期変化するコア、7及び8…直線状のコア、9…周期的に蛇行する形状のコア。

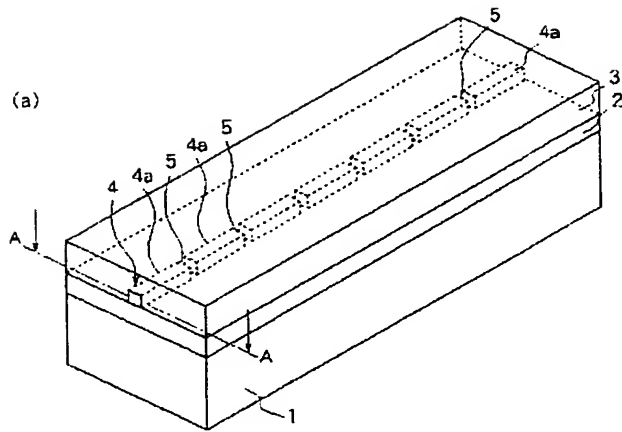
【図3】



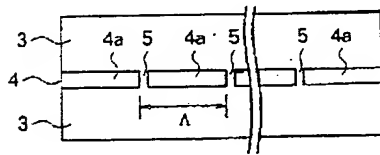
【図4】



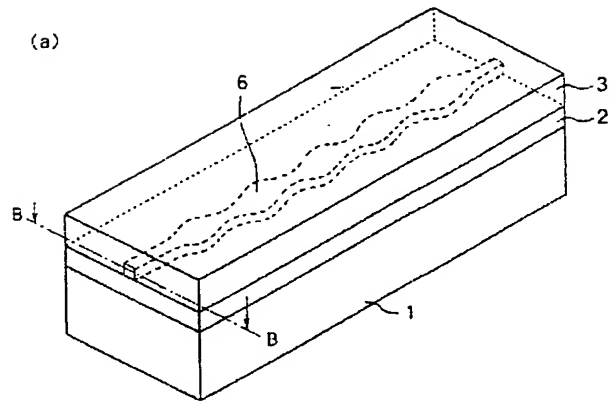
【図1】



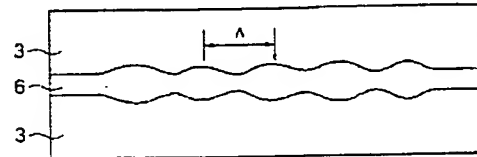
(b)



【図2】



(b)



JAPANESE

[JP,10-090535,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE
INVENTION TECHNICAL PROBLEM MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the flat-surface waveguide to which it has 1 or two or more cores, and is characterized by at least one of said the cores containing the part from which a configuration changes periodically.

[Claim 2] Said part of said core is flat-surface waveguide according to claim 1 characterized by having the configuration in which two or more fragmentation sections were periodically prepared in accordance with the optical axis of said core.

[Claim 3] Said part is flat-surface waveguide according to claim 1 characterized by being the part from which said core containing said part is pillar-shaped, and width of face or thickness is changing periodically in accordance with the optical axis of said core.

[Claim 4] Flat-surface waveguide according to claim 1 characterized by having the 1st core containing said part, and the 2nd core close to this 1st core, emitting the light of predetermined wavelength from said 1st core, and for this light carrying out incidence to said 2nd core, and spreading said 2nd core.

[Claim 5] Flat-surface waveguide characterized by having the 1st and 2nd cores and spacing between said 1st and 2nd cores changing periodically.

[Claim 6] Claims 1-5 characterized by rare earth elements being added by said core are the flat-surface waveguide of a publication either.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to flat-surface waveguide with the function to emit the light of predetermined wavelength from a core alternatively.

[0002]

[Description of the Prior Art] The optical fiber equipped with the long period grating which is a kind of a fiber grating as optical waveguide with the function which is made to change the core mode of predetermined wavelength into clad mode alternatively, and is emitted outside is known from the former, and using it for the application which removes the noise light produced with optical fiber amplifier etc. is examined. A fiber grating is the periodic refractive-index modulation field formed in core in accordance with the shaft of an optical fiber, and the grating of a long period (usually about 50-1500 micrometers) is comparatively contained in this rather than this with the Bragg grating of a short period. Among these, a long period grating is a grating which carries out induction of the association between the core modes and clad modes which an optical fiber is transmitted, and the period (pitch) of a grating is set up so that the optical path difference in core mode and clad mode may be set to 2π , and it brings about the strong power conversion in clad mode from core mode. Consequently, a long period grating will have the operation which makes core mode emit to a clad, and attenuates the reinforcement in core mode over the narrow band centering on predetermined wavelength (it is hereafter called "radiation wavelength"). Therefore, the optical fiber equipped with the long period grating will demonstrate the function to emit the light of predetermined wavelength from a core alternatively.

[0003] A long period grating can be formed by producing a periodic optical induction refractive-index change by usually irradiating light in accordance with shaft orientations at the optical fiber which has a photosensitive core. The approach of preparing for a core the optical fiber of a quartz-glass system with which the germanium which is sensitization material was added as a photosensitive fiber, forming the interference fringe which has a period corresponding to the period of the grating which should be formed using the ultraviolet radiation of the wavelength 248nm or near 193nm, and irradiating this interference fringe at an optical fiber is often carried out. Since only the amount [refractive index / of the part where ultraviolet radiation was irradiated among cores] according to the reinforcement of ultraviolet radiation rises, the refractive-index modulation field according to the optical intensity distribution of an interference fringe, i.e., a grating, will be formed in a core.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since it is necessary to adjust the optical system for interference fringe formation to a precision, it is not necessarily easy to form a desired long period grating by the above optical exposures to manufacture an optical fiber equipped with a long period grating with sufficient repeatability.

[0005] This invention was made in view of the above, and demonstrates the same function as an optical fiber equipped with a long period grating, and aims at offering the optical waveguide which can be manufactured with sufficient repeatability.

[0006]

[Means for Solving the Problem] As indicated by claim 1, the 1st mode of this invention is equipped with 1 or two or more cores, and at least one of the core of this is the flat-surface waveguide characterized by including the part from which a configuration changes periodically. If the configuration of a core is changing periodically like this invention, the configuration of the mode

THIS PAGE BLANK (USPTO)

field of the light which spreads this flat-surface waveguide according to this will also come to change periodically. If the configuration of the mode field is changing periodically, since the light of wavelength according to the period will come to be alternatively emitted from a core, the flat-surface waveguide of the above-mentioned mode demonstrates the same function as the conventional optical fiber equipped with a long period grating. Moreover, since the core of flat-surface waveguide can be fabricated with a sufficient precision in a desired configuration using well-known manufacturing technologies, such as a photolithography technique, the flat-surface waveguide of the above-mentioned mode can be manufactured with sufficient repeatability by it.

[0007] Said part of a core of the flat-surface waveguide of the 1st mode may have the configuration in which two or more fragmentation sections were prepared periodically in accordance with the optical axis of a core so that it may be indicated by claim 2. In this flat-surface waveguide, the configuration of a core changes with the fragmentation sections prepared periodically periodically, consequently the light of predetermined wavelength is alternatively emitted from this core.

[0008] Moreover, as indicated by claim 3, the flat-surface waveguide of the 1st mode may have a pillar-shaped core containing said part, and said part may be a part from which width of face or thickness is changing periodically in accordance with the optical axis of a core. In this flat-surface waveguide, when width of face or thickness changes periodically, the configuration of a core is changing periodically and the light of predetermined wavelength is alternatively emitted by this from this core.

[0009] It has the 1st core containing said part, and the 2nd core close to this 1st core, and the light of predetermined wavelength is emitted from the 1st core, this light carries out incidence of the flat-surface waveguide of the 1st mode to the 2nd core, and it spreads the 2nd core so that it may be indicated by claim 4. In this flat-surface waveguide, it has the advantage that the light emitted from the 1st core can be taken out from the 2nd core, and can be used.

[0010] Next, as indicated by claim 5, the 2nd mode of this invention is flat-surface waveguide characterized by having the 1st and 2nd cores and spacing between the 1st and 2nd cores changing periodically. If spacing between cores is changing periodically, since the configuration of the mode field of the light which spreads this flat-surface waveguide will also come to change periodically, the light of wavelength according to that period comes to be alternatively emitted from a core. Therefore, the flat-surface waveguide of this mode also demonstrates the same function as the conventional optical fiber equipped with a long period grating. Moreover, since spacing between the 1st and 2nd cores is controllable with a sufficient precision using well-known manufacturing technologies, such as a photolithography technique, it can also manufacture the flat-surface waveguide of this mode with sufficient repeatability.

[0011] Next, rare earth elements may be added by the core of the flat-surface waveguide concerning this invention so that it may be indicated by claim 6. In this case, while the flat-surface waveguide concerning this invention removes noise light, it becomes possible to perform optical amplification.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained to a detail, referring to an accompanying drawing. In addition, in explanation of a drawing, the same sign is given to the same element, and the overlapping explanation is omitted. Moreover, the dimension ratio of a drawing is not necessarily in agreement with the thing of explanation.

[0013] (Operation gestalt 1) Drawing 1 is drawing showing the structure of the flat-surface waveguide of this operation gestalt, among these drawing 1 (a) is the perspective view of the flat-surface waveguide of this operation gestalt, and drawing 1 (b) is the sectional view which met the A-A line of drawing 1 (a). The flat-surface waveguide of this operation gestalt consists of the lower cladding layers 2, the up cladding layers 3, and cores 4 which were prepared on the silicon substrate 1. Although the lower cladding layer 2, the up cladding layer 3, and the core 4 consist of glass which all uses a quartz as a principal component, the germanium which is refractive-index rise material is added by only the core 4, and the refractive index of a core 4 is higher than the refractive index of the lower part and the up cladding layers 2 and 3 by this. These lower parts and the up cladding layers 2 and 3 are carrying out adhesion envelopment of the core 4 in one.

[0014] The description of the flat-surface waveguide of this operation gestalt is the configuration of a core 4. As shown in drawing 1 (a) and (b), the core 4 of this operation gestalt has the configuration in which two or more end slots 5 were periodically established in the pillar-shaped object of the square cross section which extends in the other end along with the axis of this pillar-shaped object from the end of a substrate 1. These end slots 5 have extended so that the axis (optical axis) of a core 4 and each may cross at right angles mostly, and they have divided the core 4 to two or more partial

THIS PAGE BLANK (USPTO)

core 4a. Below, this end slot 5 will be called the fragmentation section. The fragmentation section 5 is filled up with the quartz-glass which constitutes the up cladding layer 3. The dip of the fragmentation section 5 of a direction in alignment with an optical axis, i.e., spacing between the end faces which adjoining partial core 4a counters, is uniform, and its spacing of fragmentation section 5 comrades, i.e., array-pitch (period) λ of the fragmentation section 5, is fixed. In addition, the period λ of the fragmentation section 5 is good to be referred to as 50-1500 micrometers.

[0015] Next, the manufacture approach of the flat-surface waveguide of this operation gestalt is explained. First, the glass-particles layer of the porosity which should spray the flame of a burner on the top face of a silicon substrate 1, and should serve as the lower cladding layer 2 is formed on a silicon substrate 1 at the whole surface, supplying the material gas of SiCl_4 grade to a flame burner. Then, the flame of a burner is sprayed on the top face of the above-mentioned glass-particles layer, supplying the material gas which contains SiCl_4 and GeCl_4 in a flame burner, and the glass-particles layer of the porosity which should serve as a core 4 is formed on the above-mentioned glass-particles layer at the whole surface. Subsequently, transparence vitrification is cooled slowly and carried out after sintering these two glass-particles layers. Thereby, the transparent quartz-glass layer which should serve as the core 4 by which the laminating was carried out is formed on the transparent lower cladding layer 2 and this lower cladding layer 2. Next, a resist mask layer is prepared only in the location corresponding to the top face of partial core 4a among this quartz-glass layer using a well-known photolithography technique, and since the front face of the part in which the fragmentation section 5 should be formed is exposed, a core 4 is formed by performing reactive-ion-etching processing. Then, the glass-particles layer of the porosity which should spray the flame of a burner on the top face of the lower cladding layer 2 and a core 4, and should serve as the up cladding layer 3 is made to deposit, supplying the material gas of SiCl_4 grade to a flame burner, then this glass-particles layer is sintered and annealed and transparence vitrification is carried out. Thereby, the up cladding layer 3 is formed and the flat-surface waveguide of this operation gestalt is completed.

[0016] As mentioned above, since the fragmentation section 5 is periodically formed in the core 4 of the flat-surface waveguide of this operation gestalt in accordance with the optical axis, as for the light which spreads the flat-surface waveguide of this operation gestalt, the configuration of the mode field comes to change periodically. Thereby, the core mode of the predetermined wavelength which spreads the inside of a core 4 comes to be combined with core mode and the clad mode which advances in this direction, and the light of the predetermined wavelength which spreads the inside of a core 4 as a result comes to be emitted to the lower part and the up cladding layers 2 and 3 from a core 4. The wavelength of the light emitted from a core 4 becomes settled based on the following formula.

[0017]

$$\beta_{\text{core}}(lm) - \beta_{\text{clad}}(n) = 2\pi/\lambda \quad (1)$$

Here, l and m are the degrees (if it is basic-mode LP01 $l=0, m=1$) in core mode, $\beta_{\text{core}}(lm)$ is the propagation constant in the core mode specified by the degree (lm) , and λ is [$\beta_{\text{KURA}} <\text{SUB}> \text{DDO}(n)$ is the propagation constant in the n -th clad mode, and] the period of the fragmentation section 5. In addition, it depends for the propagation constant β_{core} on the wavelength in core mode. In the flat-surface waveguide of this operation gestalt, the core mode of wavelength in which the above-mentioned (1) type is satisfied will be emitted from a core 4.

[0018] Thus, the flat-surface waveguide of this operation gestalt demonstrates the function to emit the light of predetermined wavelength from a core alternatively, like the conventional optical fiber equipped with a long period grating by having the core 4 of the above configurations. And since the core 4 of this configuration can be formed in a precision using a well-known manufacturing technology, the flat-surface waveguide of this operation gestalt can be manufactured with sufficient repeatability.

[0019] In addition, the flat-surface waveguide of this operation gestalt is suitable if rare earth elements, such as Er, are added by the core 4. In this case, if incidence of the light of predetermined wavelength according to the added rare earth elements is carried out after the flat-surface waveguide of this operation gestalt carries out incidence of the excitation light and forms the inverted population like well-known optical fiber amplifiers (Er addition optical fiber etc.), it will also demonstrate the function as an optical amplifier of causing induced emission and amplifying light. Although the magnification spontaneous emitted radiation (Amplified Spontaneous Emission: ASE) which is a noise occurs by the interaction of excitation light power and rare earth ion at this time, if the period of the fragmentation section 5 is set up so that the radiation wavelength of a core 4 may be

THIS PAGE BLANK (USPTO)

in agreement with this wavelength of ASE, ASE can be emitted and removed from a core 4. Thus, some by which rare earth elements were added by the core 4 among the flat-surface waveguides of this operation gestalt have the advantage that optical amplification can be performed, removing noise light.

[0020] (Operation gestalt 2) Drawing 2 is drawing showing the structure of the flat-surface waveguide of this operation gestalt, among these drawing 2 (a) is the perspective view of the flat-surface waveguide of this operation gestalt, and drawing 2 (b) is the sectional view which met the B-B line of drawing 2 (a). The flat-surface waveguide of this operation gestalt differs in the configuration of a core from the operation gestalt 1. That is, that flat-surface configuration includes the field which is changing periodically in accordance with an optical axis, and is the wave-like curved surface which carries out an abbreviation rectangular cross with the top face of the lower cladding layer 2 in the both-sides side of a core 6 in this field, and the core 6 which the flat-surface waveguide of this operation gestalt has is changing the width of face of a core 6 periodically in accordance with an optical axis so that it may be best show in drawing 2 (b). In addition, the fluctuation period λ of the width of face of a core 6 is good to be referred to as 50-1500 micrometers. Moreover, the flat-surface configuration of a core 6 serves as axial symmetry to the axis (optical axis) of a core 6. Moreover, the both ends of a core 6 are the pillar-shaped objects of a square cross section, and can make now connection with other waveguides (optical fiber etc.) easily.

[0021] The flat-surface waveguide of this operation gestalt can be manufactured almost like the flat-surface waveguide of the operation gestalt 1. The flat-surface configuration of a resist mask layer established on the clear glass layer which should serve as a core differs from the operation gestalt 1 in a production process, and after carrying out the laminating of the resist mask layer which specifically has the same flat-surface configuration as a core 6 to the field equivalent to the top face of a core 6, a core 6 can be formed by performing etching processing.

[0022] Since the flat-surface waveguide of this operation gestalt has the above cores 6 of the flat-surface configuration in which width of face is changed periodically, the configuration of the mode field in core mode changes periodically like the case of the operation gestalt 1. Thereby, it is combined with core mode and the clad mode which advances in this direction, and the core mode of the predetermined wavelength which spreads a core 6 comes to be emitted from a core 6. In addition, the wavelength of the light emitted from a core 6 becomes settled according to the fluctuation period λ of the breadth of a core 6 based on (1) type stated with the operation gestalt 1.

[0023] Thus, the flat-surface waveguide of this operation gestalt also demonstrates the function to emit the light of predetermined wavelength from a core alternatively. And like the operation gestalt 1, since the core of this configuration can be formed in a precision using a well-known manufacturing technology, it is possible to also manufacture the flat-surface waveguide of this operation gestalt with sufficient repeatability.

[0024] In addition, the flat-surface waveguide of this operation gestalt can also perform optical amplification, removing noise light, if rare earth elements, such as Er, are added by the core 6, and is suitable. [as well as the operation gestalt 1]

[0025] (Operation gestalt 3) Drawing 3 is drawing showing the structure of the flat-surface waveguide of this operation gestalt. This is a sectional view along a flat surface parallel to a substrate front face like drawing 1 (b) and drawing 2 R> 2 (b). As shown in drawing 3, the flat-surface waveguide of this operation gestalt forms further the core 7 of the square cross section which stands in a row with a core 6 in the flat-surface waveguide of the operation gestalt 2, and extends linearly. These cores are laid underground like the above-mentioned operation gestalt into the lower part prepared on the substrate 1 and the up cladding layer 2, and 3.

[0026] These cores 6 and 7 can be manufactured by performing etching processing, after preparing the resist mask layer corresponding to the flat-surface configuration of cores 6 and 7 in the top face of the clear glass layer which should serve as a core. Thus, since these cores can be formed in a precision using a well-known manufacturing technology, they can manufacture the flat-surface waveguide of this operation gestalt as well as the case of the above-mentioned operation gestalt with sufficient repeatability.

[0027] According to the flat-surface waveguide of this operation gestalt, after being combined with clad mode and emitting the core mode which spreads a core 6 from a core 6, incidence of it is carried out to a core 7, and it spreads a core 7. Therefore, the flat-surface waveguide of this operation gestalt has the advantage that it is possible it not only to emit the light of predetermined wavelength, but to take out this synchrotron orbital radiation from a core 7, and to use it from a core 6.

[0028] (Operation gestalt 4) Drawing 4 is the sectional view showing the structure of the flat-surface

THIS PAGE BLANK (USPTO)

waveguide of this operation gestalt like drawing 3. The flat-surface waveguide of this operation gestalt is equipped with the straight-line-like core 8 of a square cross section, and the core 9 stood in a row and prolonged to this core 8. As for most except the both ends of a core 9, the configuration is changed periodically. That is, in the interstitial segment of a core 9, the both-sides side of a core 9 is the core 6 (drawing 3) of the operation gestalt 3, and the wave-like curved surface which vibrates a period λ similarly. Unlike the core 6 of the operation gestalt 3, the core 9 of this operation gestalt has fixed core width of face. Moreover, the both ends of a core 9 serve as a straight-line pillar-shaped object of a square cross section. These cores 8 and 9 are laid underground like the above-mentioned operation gestalt into the lower part prepared on the substrate 1 and the up cladding layer 2, and 3.

[0029] The flat-surface configuration of a core 9 is changing periodically, consequently, as for the flat-surface waveguide of this operation gestalt, spacing between a core 8 and 9 is changing periodically in accordance with the optical axis of a core 8. The period of change of spacing between a core 8 and 9 is the same as the period λ of the formation of a form status change of a core 9. Thus, even when spacing between two adjoining cores changes periodically, the configuration of the mode field in the core mode which spreads one core carries out periodic change. Therefore, also in this operation gestalt, the core mode of the predetermined wavelength which spreads a core 8 is combined with clad mode, and it comes to emanate alternatively from a core 8. In addition, radiation wavelength becomes settled based on the above-mentioned (1) formula.

[0030] As mentioned above, the flat-surface waveguide of this operation gestalt can also demonstrate the same function as the conventional optical fiber equipped with a long period grating. Furthermore, since the light emitted from the core 8 can spread the adjoining core 9, the flat-surface waveguide of this operation gestalt also has the advantage that it is possible to take out the light made to emit from a core 8 from a core 9, and to use it like the operation gestalt 3.

[0031] Moreover, after cores 8 and 9 prepare the resist mask layer corresponding to the flat-surface configuration of these cores in the top face of the clear glass layer which should serve as a core like the above-mentioned operation gestalt, they can be manufactured by performing etching processing, and they can be formed in a precision using a well-known photolithography technique etc. Therefore, it is possible to be also able to control spacing between a core 8 and 9 to a precision, and for the flat-surface waveguide of this operation gestalt as well as a case with the above-mentioned operation gestalt to manufacture it with sufficient repeatability.

[0032]

[Effect of the Invention] As mentioned above, since the configuration of a core and spacing between two cores are changing periodically, the flat-surface waveguide concerning this invention can demonstrate the same function as an optical fiber equipped with the long period grating of emitting the light of predetermined wavelength alternatively from a core, as explained to the detail. Since the configuration of a core and spacing between cores are controllable with a sufficient precision if a well-known manufacturing technology is used, the flat-surface waveguide concerning this invention can be manufactured with sufficient repeatability.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 (a) is the perspective view showing the structure of the flat-surface waveguide of the operation gestalt 1, and drawing 1 (b) is the sectional view which met the A-A line of drawing 1 (a).

[Drawing 2] Drawing 2 (a) is the perspective view showing the structure of the flat-surface waveguide of the operation gestalt 1, and drawing 2 (b) is the sectional view which met the B-B line of drawing 2 (a).

[Drawing 3] It is the sectional view showing the structure of the flat-surface waveguide of the operation gestalt 3.

[Drawing 4] It is the sectional view showing the structure of the flat-surface waveguide of the operation gestalt 4.

[Description of Notations]

1 [-- A core, 5 -- part step, 6 / -- A core, 7 and 8 in which width of face carries out periodic change / -- A straight-line-like core, 9 / -- Core of the configuration which moves in a zigzag direction periodically.] -- A substrate, 2 -- A lower cladding layer, 3 -- An up cladding layer, 4

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

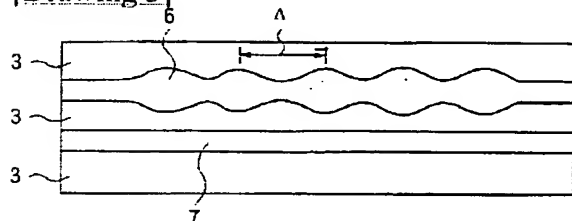
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

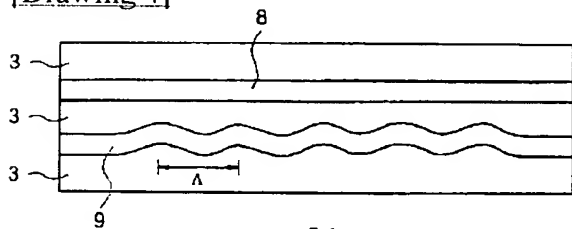
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

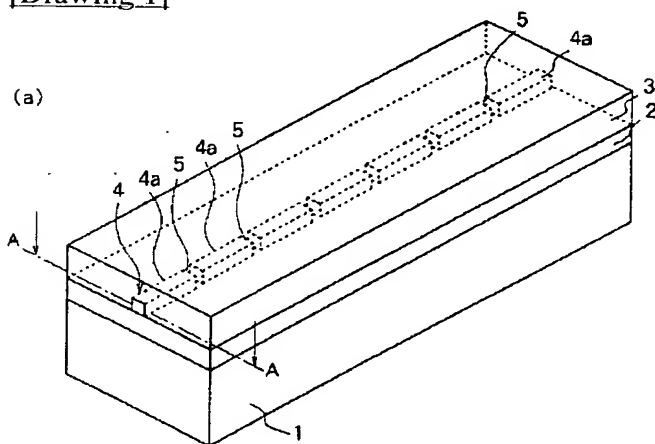
[Drawing 3]



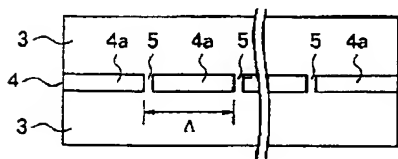
[Drawing 4]



[Drawing 1]

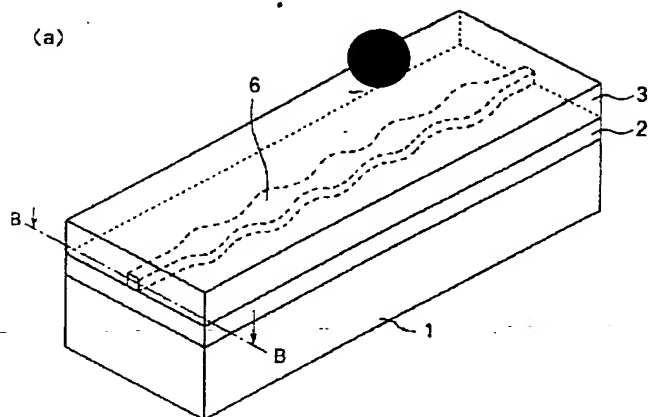


(b)

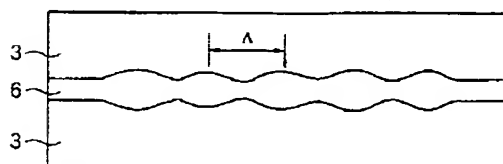


[Drawing 2]

THIS PAGE BLANK (USPTO)



(b)



[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)